

Chemical Physics under Extreme Conditions

極限状態物性学

I 極限環境での X 線・レーザー分光

X-ray/laser spectroscopy under extreme conditions

和達大樹・中田勝

Wadati, H. and Nakata, S.

遷移金属化合物に対して、実験室の超短パルスレーザーや X 線自由電子レーザーの時間構造を用い、電荷・スピン・格子のダイナミクス観測を行った。特に、波長が 800 nm や 1030 nm の赤外の超短パルスレーザーでフェリ磁性合金 GdFeCo や酸化物磁性体 NiCo₂O₄ の薄膜を励起し、その後の磁区を磁気光学カー顕微鏡で観測した。その結果、レーザーのパルス幅に依存した新しいタイプのレーザー励起磁化反転を、NiCo₂O₄ 薄膜において発見することができた。

実験室レーザーの高次高調波長発生にも成功し、60 eV 付近までの軟 X 線パルスを得ることに成功した。今後、磁性体のダイナミクスを測定に応用を考えている。

さらに、電子ビーム蒸着による金属薄膜の作製装置を建設し、磁性体薄膜について作製から磁気測定までをカバーできるセットアップを構築した。

II 遷移金属酸化物の新しい電子状態

Novel electronic structures of transition-metal oxides

中田勝・和達大樹

Nakata, S. and Wadati, H.

遷移金属酸化物における新しい電子状態を探求した。特に、台湾の放射光施設 Taiwan photon source において銅酸化物高温超伝導体の共鳴非弾性 X 線散乱測定を行い、電荷励起スペクトル、および電荷秩序の回折ピークの観測に成功した。実験室においては XY ステージを用いた顕微ラマン散乱装置を開発し、Python を用いた自動制御によりニオブ酸化物をはじめとする複数の物質の顕微ラマン散乱スペクトルの測定に成功した。ラマン散乱装置との融合を見据え、一軸性圧力装置を Python で制御するコードも開発した。

また実験室 X 線光電子分光装置を用い、ルテニウム酸化物薄膜試料・テルル化合物多結晶試料の系統的な電子状態測定を行った。ほかにも、MoS₂ をはじめとする種々の 2 次元層状物質の顕微ラマン散乱測定や、SPring-8 における非弾性 X 線散乱による電荷密度波物質のフォノン分散測定など、多くの分光測定を実験室・放射光施設で行った。

III 3Dプリンタによる顕微鏡の開発

Development of a microscope using a 3D printer

和達大樹・中田勝

Wadati, H. and Nakata, S.

磁性体の実空間における磁区観察には、光学台や顕微鏡装置などの高価かつ大掛かりな装置が利用されてきた。我々は、3Dプリンタ技術により磁気光学カー顕微鏡を開発した。特に、初心者にも作成が容易である設計、透過型とか反射型の両方の実現、偏光顕微鏡と蛍光顕微鏡の切り替えなどを目指した。こうして開発した機構により、今後磁場印加下での様々な磁性試料の磁区観察が手ごろに可能になった。

発表論文 List of Publications

- I-1** S. Sawada, K. Okai, H. Fukui, R. Takahashi, N. Ishimatsu, H. Maruyama, N. Kawamura, S. Kawaguchi, N. Hirao, T. Seki, K. Takanashi, S. Ohmura, and H. Wadati, "Lattice constants and magnetism of $L1_0$ -ordered FePt under high pressure", *Appl. Phys. Lett.* **122**, 152406 (2023).
- I-2** Yujun Zhang, Ji Ma, Keisuke Ikeda, Yasuyuki Hirata, Kohei Yamagami, Christian Schüßler-Langeheine, Niko Pontius, Haojie Han, Yuanhua Lin, Cewen Nan, and Hiroki Wadati, "Photocarrier transport of ferroelectric photovoltaic thin films detected by the magnetic dynamics of adjacent ferromagnetic layers", *Phys. Rev. B* **107**, L220303 (2023).
- I-3** Takuo Ohkochi, Ryunosuke Takahashi, Hidenori Fujiwara, Hirokazu Takahashi, Roman Adam, Umut Parlak, Kohei Yamamoto, Hitoshi Osawa, Masato Kotsugi, Arata Tsukamoto, Hiroki Wadati, Akira Sekiyama, Claus M. Schneider, Masakiyo Tsunoda, Shigemasa Suga, and Toyohiko Kinoshita: "Investigation of deterministic and cumulative nature in helicity-dependent optical switching of ferrimagnetic Gd-Fe-Co films", *J. Mag. Mag. Mater.* **593** (2024) 171854.
- I-4** 和達 大樹, 山本 航平, "X線の時間構造を利用した強磁性と反強磁性のスピンダイナミクス観測", *応用物理* **92**, 606 (2023).
- I-5** Hiroki Wadati and Kohei Yamamoto, "Observation of spin dynamics of ferromagnets and antiferromagnets using the time structure of X-rays", *JSAP Rev.* **2023**, 230217.
- I-6** Hiroki Wadati: Optically induced magnetization switching in NiCo_2O_4 thin films by using ultrafast lasers, *International Conference on Quantum Liquid Crystals 2023* (2023年8月)

- I-7** 和達大樹: 超短パルスレーザー照射による酸化物薄膜の磁化スイッチング, 第 660 回高崎研オープンセミナー (2023 年 8 月)
- I-8** 秦 雄大, 高橋 龍之介, 中田 勝, 和達 大樹: 超短パルスレーザーによる光渦の発生と磁性体への照射効果, 2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (2023 年 9 月)
- I-9** 花島 颯介, 山根 治起, 高橋 龍之介, 中田 勝, 和達 大樹, 安川 雪子: TbFeCo の磁気特性に対する局在表面プラズモン共鳴による増強電場の影響, 2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (2023 年 9 月)
- I-10** 和達大樹: 磁気光学カー効果顕微鏡によるレーザー励起磁化反転の探索, Q-LEAP 第 30 回 ATTO 懇談会 (2023 年 9 月)
- I-11** Hiroki Wadati: "Spin dynamics in ferromagnetic and antiferromagnetic thin films studied by ultrafast lasers" 日本磁気学会第 47 回学術講演会 (2023 年 9 月)
- I-12** 和達大樹: 超短パルスレーザー照射による 磁化スイッチング現象の探索, HiSOR セミナー (2023 年 11 月)
- I-13** 中田 勝, 岡本 淳, 志賀 大亮, 高橋 龍之介, Huang Hsiao-Yu, Singh Amol, 組頭 広志, 和達 大樹, 石田 茂之, 永崎 洋, 藤森 淳, Huang Di-Jing, 鈴木 博人: 酸素 K 端共鳴被弾性 X 線散乱による銅酸化物高温超電導体 Bi2223 の電荷秩序・電化励起の観測, 第 37 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2024 年 1 月)
- I-14** 塩川 裕斗, 高橋 龍之介, 中田 勝, 石井 順久, 和達 大樹: スピンドYNAMICS測定のための高次高調波発生装置の建設, 第 37 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (2024 年 1 月)
- I-15** 米村高, 高橋龍之介, 中田勝, 山岸茂直, 永井隆之, 木村剛, 和達大樹: 偏光依存顕微ラマン分光法で見た $\text{Na}_2\text{BaNi}(\text{PO}_4)_2$ の格子振動, 日本物理学会 2024 年春季大会 (2024 年 3 月)
- I-16** 塩川裕斗, 高橋龍之介, 中田勝, 石井順久, 和達大樹: 実験室超短パルスレーザーによるスピンドYNAMICS測定のための高次高調波発生装置の建設, 日本物理学会 2024 年春季大会 (2024 年 3 月)
- I-17** 妹尾隼人, 谷佳樹, 下元直樹, 鎌田知希, 高橋龍之介, 中田勝, 阿部正明, 和達大樹: 電圧印加によるルテニウム三核錯体のオペランドラマン分光, 日本物理学会 2024 年春季大会 (2024 年 3 月)
- I-18** 高橋 龍之介, 大河内 拓雄, 菅 大介, 島川 祐一, 和達 大樹: NiCo_2O_4 薄膜における全光型スイッチング, 2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会 (2024 年 3 月)
- II-1** Nao Komiyama, Takahiro Ohkubo, Yoshiki Maeda, Yuya Saeki, Nobuyuki Ichikuni, Hyuma Masu, Hirofumi Kanoh, Koji Ohara, Ryunosuke Takahashi, Hiroki Wadati, Hideaki Takagi, Yohei Miwa, Shoichi Kutsumizu, Keiki Kishikawa, and Michinari Kohri, "Magnetic Supramolecular Spherical Arrays: Direct Formation of Micellar

Cubic Mesophase by Lanthanide Metallomesogens with 7-Coordination Geometry”, Adv. Sci. 2024, 11, 2309226.

II-2 中田勝, 岡本淳, 志賀大亮, 高橋龍之介, H. Y. Huang, A. Singh, 組頭広志, 和達大樹, 石田茂之, 永崎洋, 藤森淳, D. J. Huang, 鈴木博人: 酸素 K 端共鳴非弾性 X 線散乱による銅酸化物高温超伝導体 Bi2223 の電荷秩序の観測, 日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年 9 月)

II-3 中田勝, 岡本淳, 志賀大亮, 高橋龍之介, H. Y. Huang, A. Singh, 組頭広志, 和達大樹, 石田茂之, 永崎洋, 藤森淳, D. J. Huang, 鈴木博人: 酸素 K 吸収端共鳴非弾性 X 線散乱による三層系銅酸化物 Bi2223 のプラズモン分散の観測, 日本物理学会 第 78 回年次大会 (2023 年 9 月)

III-1 Koki Uebo, Yuto Shiokawa, Ryunosuke Takahashi, Suguru Nakata, and Hiroki Wadati, "Development of a magneto-optical Kerr microscope using a 3D printer", F1000Research 2024, 12:860.

III-2 高橋 龍之介, 秦 雄大, 前田 裕也, 北村 美紀, 中田 勝, 和達 大樹: 3D プリンタによる偏光顕微鏡装置の開発, 2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会 (2023 年 9 月)

物質科学専攻

博士後期課程

高橋龍之介 : 新しい遷移金属化合物における電荷・スピン秩序の研究

博士前期課程

大槻博哉 : 非線形光学材料 $\text{La}_4(\text{IV})_3\text{S}_{12}$ ($\text{IV} = \text{Ge}, \text{V}$) の合成と第二高調波発生

秦雄大 : 超短パルスレーザーの光渦発生と磁性体への照射効果観測

塩川裕斗 : レーザーを用いた高次高調波発生の研究

妹尾隼人 : 新しい光機能を持つ薄膜の研究

科学研究費補助金等

1 科学研究費補助金 (2019~2023 年度) 新学術領域研究 課題番号: 19H05822

研究課題 量子液晶の物性科学

研究代表者 芝内孝禎

研究分担者 和達大樹

2 科学研究費補助金 (2019~2023 年度) 新学術領域研究 課題番号: 19H05824

研究課題 量子液晶の精密計測

研究代表者 花栗哲郎

研究分担者 和達大樹

3 科学研究費補助金 (2023~2025 年度) 基盤研究 (B) 課題番号: 23H01108

研究課題 レーザーによるスピンの制御のための元素別超高速磁気イメージングの開発

研究代表者 和達大樹

- 4 池谷科学技術振興財団 単年度研究助成 (2023 年度)
研究課題 磁気電気効果開拓のための第二高調波発生を用いた時間空間分解測定
の確立
研究代表者 和達大樹
- 5 木下記念事業団 学術研究活動助成事業 (2023 年度)
研究課題 ダイヤモンドの NV 中心による磁気イメージング手法の開発
研究代表者 和達大樹
- 6 村田学術振興財団 研究助成 (2023 年度)
研究課題 多重極限環境下における半導体・量子物質の光散乱
研究代表者 中田勝
- 7 ひょうご科学技術協会 学術研究助成 (2023 年度)
研究課題 固体内の超高速電子系ダイナミクスの一軸性圧力による制御とその
機構開発
研究代表者 中田勝
- 8 日本板硝子材料工学助成会 研究助成 (2023 年度)
研究課題 一軸性圧力による半導体の超高速電子系ダイナミクスの制御とその
機構開発
研究代表者 中田勝
- 9 量子科学技術研究開発機構 - 東北大学 マッチング研究支援事業 (2022~2025 年度)
研究課題 外場下・空間分解 RIXS による量子物質の相競合の解明
研究代表者 宮脇淳・鈴木博人
研究分担者 和達大樹・中田勝